

AD

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-185402

(43)Date of publication of application : 28.06.2002

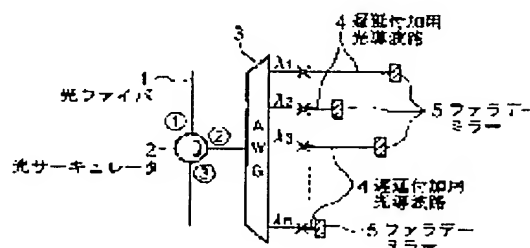
(51)Int.Cl. H04B 10/02  
H04B 10/18  
H04J 14/00  
H04J 14/02

(21)Application number : 2000-378229 (71)Applicant : NEC CORP  
(22)Date of filing : 13.12.2000 (72)Inventor : INADA YOSHIHISA  
ITO TOSHIHARU

(54) INTERMODULATING SUPPRESSOR FOR WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING OPTICAL SYSTEM AND OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve transmission characteristics of a wavelength multiplexing signal light by suppressing intermodulation between the channels.  
SOLUTION: The wavelength multiplexing signal light from an optical fiber 1 having orthogonal polarization between adjacent channels is branched at each channel at an AWG 3 connected to a second port (2) of an optical circulator 2, and these branched signal lights  $\lambda_1$  to  $\lambda_n$  are guided to a delay adding optical waveguide 4 having different optical path lengths. A Faraday mirror 5 makes the polarization of the delayed branched signal lights orthogonal, then reflects the lights, and again guides the lights to the waveguide 4. These reflected lights are multiplexed at the AWG 3, and output as the wavelength multiplexing signal lights maintained in orthogonal polarization between the adjacent channels to a third port (3) of the circulator 2.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.11.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-185402

(P 2 0 0 2 - 1 8 5 4 0 2 A)

(43) 公開日 平成14年 6 月28日 (2002. 6. 28)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード (参考)

H04B 10/02

H04B 9/00

M 5K002

10/18

E

H04J 14/00

14/02

審査請求 有 請求項の数17 O L (全10頁)

(21) 出願番号 特願2000-378229 (P 2000-378229)

(22) 出願日 平成12年12月13日 (2000. 12. 13)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 稲田 喜久

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 伊東 俊治

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100088812

弁理士 ▲柳▼川 信

F ターム (参考) 5K002 AA06 BA02 BA05 BA21 CA01

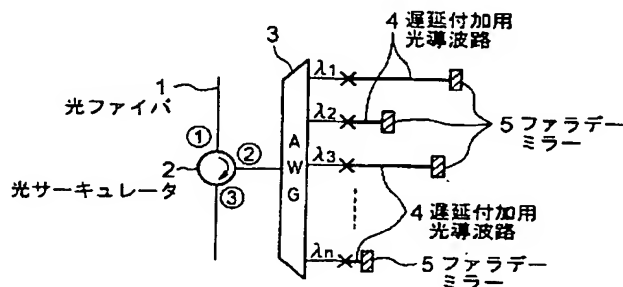
CA09 CA13 DA02 FA01

(54) 【発明の名称】 波長分割多重光伝送システムにおける相互位相変調抑圧装置および光通信システム

(57) 【要約】

【課題】 チャネル間の相互位相変調を抑圧し、波長多重信号光の伝送特性を改善する。

【解決手段】 光サーキュレータ2の第2ポート②に接続されたAWG3において、隣接チャネル間で偏波直交性を有する光ファイバ1からの波長多重信号光をチャネルごとに分波し、この分波信号光 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ を夫々異なる光路長を有する遅延付加用光導波路4に導出する。ファラデーミラー5では、遅延付加された分波信号光の偏波状態を直交状態とした上で反射し、再度遅延付加用光導波路4へ導出する。これ等反射光はAWG3において合波され、隣接チャネル間で偏波直交性が維持された波長多重信号光として光サーキュレータ2の第3ポート③へ出力される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 隣接チャネル間で偏波状態が直交性を有するよう多重化された波長分割多重光伝送システムにおける相互位相変調抑圧装置であって、

波長多重信号光を波長分割して複数の分波信号光として導出すると共に、複数の波長分波信号光を合成し波長多重信号光を生成する合分波手段と、波長分割された前記複数の分波信号光に夫々異なる遅延量を付加する遅延手段と、この遅延付加された分波信号光の偏波状態を夫々直交状態とした上で反射し、再び前記遅延手段へ入力する反射手段とを含み、

前記反射手段による反射光の前記遅延手段を経た光を前記合分波手段の合波入力とすることを特徴とする相互位相変調抑圧装置。

【請求項 2】 前記合分波手段は、前記波長多重信号光を前記複数の分波信号光に分割する際に、単一チャネル毎に分波することを特徴とする請求項 1 記載の相互位相変調抑圧装置。

【請求項 3】 前記合分波手段は、前記波長多重信号光を前記複数の分波信号光に分割する際に、波長順に奇数番目のチャネル群（以下、奇数チャネル群）と、偶数番目のチャネル群（以下、偶数チャネル群）とに分波することを特徴とする請求項 1 記載の相互位相変調抑圧装置。

【請求項 4】 前記合分波手段は、前記波長多重信号光を前記奇数チャネル群と前記偶数チャネル群とに分波するインターリーバであることを特徴とする請求項 3 記載の相互位相変調抑圧装置。

【請求項 5】 前記合分波手段は、前記波長多重信号光を奇数チャネル群と偶数チャネル群とに分波するインターリーバと、これ等奇数チャネル群と偶数チャネル群の各々を単一チャネル毎に分波する第 1 および第 2 の光合分波器とを含むことを特徴とする請求項 2 記載の相互位相変調抑圧装置。

【請求項 6】 前記合分波手段は、前記波長多重信号光を前記複数の分波信号光に分割する際に、4 チャネルおきに第 1 から第 4 のチャネル群に分波することを特徴とする請求項 1 記載の相互位相変調抑圧装置。

【請求項 7】 前記合分波手段は、前記波長多重信号光を奇数チャネル群と偶数チャネル群とに分波する第 1 のインターリーバと、この第 1 のインターリーバから出力される 2 つのチャネル群の各々を更に奇数チャネル群と偶数チャネル群とに分波することにより 4 チャネルおきの第 1 から第 4 のチャネル群として出力する第 2、第 3 のインターリーバとを含むことを特徴とする請求項 6 記載の相互位相変調抑圧装置。

【請求項 8】 前記分波信号光の夫々の信号レベルを調整する光減衰器を更に含むことを特徴とする請求項 1、2 または 5 いずれか記載の相互位相変調抑圧装置。

【請求項 9】 前記分波信号光の夫々の分散補償をなす

分散補償器を更に含むことを特徴とする請求項 1、2 または 5 いずれか記載の相互位相変調抑圧装置。

【請求項 10】 前記光合分波器は、その透過波長特性の頂部が平坦フラットトップ形状であることを特徴とする請求項 5 記載の相互位相変調抑圧装置。

【請求項 11】 前記光合分波器は、前記波長多重信号光を前記単一チャネル毎に低損失で合分波可能な AWG (Arrayed Waveguide Grating, アレイ導波路格子) であることを特徴とする請求項 5 または 10 記載の相互位相変調抑圧装置。

【請求項 12】 前記反射手段は、ファラデーミラーであることを特徴とする請求項 1 から 11 いずれか記載の相互位相変調抑圧装置。

【請求項 13】 第 1 のポートへ入力された前記波長多重信号光を第 2 ポートへ出力し、第 2 ポートへ入力された前記波長多重信号光を第 3 ポートへ出力する光サーキュレータを更に含み、前記合分波手段は前記第 2 ポートに接続されていることを特徴とする請求項 1 から 12 いずれか記載の相互位相変調抑圧装置。

【請求項 14】 光中継機が少なくとも 1 つ挿入された光通信伝送路を介し、送信端と受信端とが波長分割多重光伝送をなす光通信システムであって、前記光中継機は、光増幅器と、請求項 1 から 13 いずれか記載の相互位相変調抑圧装置とを含むことを特徴とする光通信システム。

【請求項 15】 前記相互位相変調抑圧装置は、前記光増幅器の前段に挿入されていることを特徴とする請求項 14 記載の光通信システム。

【請求項 16】 前記相互位相変調抑圧装置は、前記光増幅器の後段に挿入されていることを特徴とする請求項 14 記載の光通信システム。

【請求項 17】 前記相互位相変調抑圧装置は、前記光増幅器の間に挿入されることを特徴とする請求項 14 記載の光通信システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は波長分割多重光伝送システムにおける相互位相変調抑圧装置および光通信システムに関するものであり、特に隣接チャネル間で偏波状態が直交性を有するよう多重化された波長分割多重光伝送システムにおける相互位相変調抑圧装置および光通信システムに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年のインターネット普及に伴う通信トラフィックの増大に応えるため、幹線系の光ファイバ伝送路においては、1 本の光ファイバ中に夫々異なる信号光波長を有する複数のチャネルを伝送することにより伝送容量を向上する波長分割多重伝送方式が採用されている。この波長分割多重伝送方式において、更に伝送容量を向上させるためには、1 チャネル当たりの伝送速度の

高速化、多重するチャネル数の増大が必要である。使用できる波長域は中継光増幅器の有限な増幅帯域により制限されるため、より多くのチャネルを多重するには、チャネル間隔を狭くする必要がある。

【0003】狭チャネル間隔での波長分割多重光伝送において最も深刻な問題は、異なるチャネル間での非線形相互作用である相互位相変調の影響である。相互位相変調の影響は、伝送されるビットの到着時間のばらつきや、光ファイバの分散との相互作用により波形歪を引き起こし、符号誤り率の劣化を招く。相互位相変調の影響はチャネル間隔が狭くなるほど強くなるため、その抑圧は、今後の更なる大容量化を進める上で最も重要な課題の一つである。

【0004】この相互位相変調を抑圧する方法としては、「偏波インターリーブ多重」と「伝送路中で各チャネル間に遅延を与える方式」との2つの方法が知られている。前者の「偏波インターリーブ多重」は、相互位相変調の大きさが相互作用する信号間の偏波状態の相対関係に依存し、それが直交状態にあるときに最小となるという特性を利用したものである。相互位相変調は多重されている全てのチャネル間で生じるものであるが、通常隣接のチャネルからの影響が最も大きい。

【0005】そこで、光ファイバ伝送路の送信端において、隣接チャネル間の偏波状態を直交させて多重する方式である偏波インターリーブ多重を施すことにより、相互位相変調を低減することが可能である。例えば、参考文献として、“Y. Inada et al., European Conference on Optical Communication' 99, vol. 2, p. 141, 1999”がある。

【0006】後者の「伝送路中で各チャネル間に遅延を与える方式」とは、光ファイバ伝送路の送信端と受信端との間で、一回または複数回、各チャネル間に遅延時間差を与えるという方式である。これは、各チャネル間の相対位置が常に一定であると相互位相変調の影響が加速される、ということから考えられた方式である。具体的な実施方法としては、伝送路中で波長分割多重された信号光を一度チャネル毎に分波して、夫々異なる長さの光ファイバを伝送させた後に合波し、再び伝送路ファイバに送り出すという方法がある。また、光ファイバグレーティングを使用した別の実施方法もある。なお、この場合の参考文献としては、“G. Bellotti et al., European Conference on Optical Communication' 99, vol. 1, p. 204, 1999”がある。

【0007】また、「伝送路中で各チャネル間に遅延を与える方式」の類似技術として、アレイ型光導波路を用いてチャネル毎に合分波して、伝送路ファイバの有する分散値の波長依存性である分散スロープのために生じる蓄積分散を波長毎に補償する分散スロープ補償器（参考

文献：H. Taga et al., Optical Fiber Communication Conference, PD13, 1998）を用いる方法がある。【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これまで提案されてきた遅延付加型相互位相変調抑圧装置では、その入出力間で隣接チャネル間の偏波状態の相対関係を保つ機能がないため、偏波インターリーブ多重された波長分割多重信号光に適用した場合、光遅延付加装置の出力端において隣接チャネル間の偏波光状態が直交状態でなく、その後の伝送路中で偏波インターリーブ多重することによる相互位相変調の抑圧効果が小さくなるという問題があった。

【0009】そこで、本発明はかかる従来技術の問題点を解決すべくなされたものであって、その目的とするところは、「偏波インターリーブ多重」と「伝送路中で各チャネル間に遅延を与える方式」という2つの相互位相変調の抑圧方式を同時に実現するため、偏波インターリーブ多重された波長分割多重信号光の隣接チャネル間における偏波状態の直交性を光遅延付加装置の入出力間で保持しつつ、チャネル間に遅延時間差を与える機能を有することで、チャネル間の相互位相変調を抑圧し波長多重光信号の伝送特性を改善する波長分割多重光伝送システムにおける相互位相変調抑圧装置および光通信システムを提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、隣接チャネル間で偏波状態が直交性を有するよう波長多重化された波長分割多重光伝送システムにおける相互位相変調抑圧装置であって、波長多重信号光を波長分割して複数の分波信号光として導出すると共に、複数の波長分波信号光を合成し波長多重信号光を生成する合分波手段と、波長分割された前記複数の分波信号光に夫々異なる遅延量を付加する遅延手段と、この遅延付加された分波信号光の偏波状態を夫々直交状態にした上で反射し、再び前記遅延手段へ入力する反射手段とを含み、前記反射手段による反射光の前記遅延手段を経た光を前記合分波手段の合波入力とすることを特徴とする相互位相変調抑圧装置が得られる。

【0011】また、前記合分波手段は、前記波長多重信号光を前記複数の分波信号光に分割する際に、単一チャネル毎に分波することを特徴とする。

【0012】更に、前記合分波手段は、前記波長多重信号光を前記複数の分波信号光に分割する際に、波長順に奇数番目のチャネル（以下、奇数チャネル群）と、偶数番目のチャネル（以下、偶数チャネル群）とに分波することを特徴とし、前記合分波手段は、前記波長多重信号光を前記奇数チャネル群と前記偶数チャネル群とに分波するインターリーブであることを特徴とする。

【0013】そして、前記合分波手段は、前記波長多重

信号光を奇数チャンネル群と偶数チャンネル群とに分波するインターリーブと、これ等奇数チャンネル群と偶数チャンネル群の各々を単一チャンネル毎に分波する第1および第2の光合分波器とを含むことを特徴とする。

【0014】また、前記合分波手段は、前記波長多重信号光を前記複数の分波信号光に分割する際に、4チャンネルおきに4つのチャンネル群に分波することを特徴とし、前記合分波手段は、前記波長多重信号光をまず、奇数チャンネル群と偶数チャンネル群の2つのチャンネル群に分波する第1のインターリーブと、この第1のインターリーブから出力される2つのチャンネル群の各々を更に奇数のチャンネル群と偶数のチャンネル群の2つのチャンネル群に分波する第2および第3のインターリーブとを含むことを特徴とする。

【0015】更に、前記光合分波器は、その透過波長特性の頂部が平坦なフラットトップ形状であることを特徴とし、前記光合分波器は、前記波長多重信号光を前記単一チャンネル毎に低損失で合分波可能なAWGであることを特徴とする。

【0016】また、本発明によれば、光増幅器と前記相互位相偏重抑圧装置とを含む光中継機が少なくとも1つ挿入された光通信伝送路を介し、送信端と受信端とが波長分割多重光伝送をなす光通信システムが得られる。

【0017】そして、前記相互位相変調抑圧装置は、前記光中継機の中で、前記光増幅器の前段、後段あるいは複数の前記光増幅器の間に挿入されることを特徴とする。

【0018】本発明の作用を述べる。光ファイバ伝送路において、隣接チャンネル間で偏波直交性を有する波長多重信号光を波長分割して複数の分波信号光とし、これ等の分波信号光を夫々異なる光路長の光導波路に導出し、夫々異なる遅延量を付加する。ファラデーミラーにおいて、この遅延付加された分波信号光は、偏波状態を夫々直交した状態で反射され、再び光導波路へ導出される。これ等複数の反射光は再び合波さる。このとき隣接チャンネル間の偏光の相対関係は各ファラデーミラーの効果により分波前の状態が維持される。もともと隣接チャンネル間で偏波直交性を有していたため、相互位相変調抑圧装置出力後も隣接チャンネル間では偏波状態が直交しているという状態で光ファイバ伝送路へ出力される。これにより、チャンネル間の相互位相変調を抑圧し波長多重光信号の伝送特性を大幅に改善する。

【0019】

【発明の実施の形態】以下に、添付図面を参照しつつ本発明の実施の形態について説明する。図1は本発明の実施の一形態における相互位相変調抑圧装置の構成を示すブロック図である。図1において、1は光ファイバ、2は光サーキュレータで、光サーキュレータ2の①～③は各ポートを示している。また、相互位相変調抑圧装置は、光合分波器として通常使用されるAWG3と、遅延

付加用光導波路4と、ファラデーミラー5とから構成されている。なお、ここでは多重数として8チャンネル( $n = 8 : \lambda_1 \sim \lambda_8$ )が波長多重化された波長多重光伝送システムを例に説明する。また、 $\lambda_1 \sim \lambda_8$ の各チャンネルは偏波インターリーブ多重されているものとし、夫々隣接チャンネルとは偏波状態が直交しているものとする。

【0020】次に、図1の相互位相変調抑圧装置の動作について詳細に説明する。光ファイバ1から光サーキュレータ2の第1ポート①へ入力された波長多重信号光は第2ポート②に出力される。光サーキュレータ2の第2ポート②から相互位相変調抑圧装置に導かれた波長多重信号光はAWG3により単一チャンネル毎に夫々分波される。AWG3の出力である8つの分波信号光 $\lambda_1 \sim \lambda_8$ には、夫々長さの異なる遅延付加用光導波路4が接続されている。また、遅延付加用光導波路4の先にはファラデーミラー5が接続されている。

【0021】AWG3により分波された分波信号光 $\lambda_1 \sim \lambda_8$ は、夫々遅延付加用光導波路4→ファラデーミラー5で反射→遅延付加用光導波路4と経由した後、再びAWG3により合波され光サーキュレータ2の第3ポート③へ出力される。この際、遅延付加用光導波路4により付加される遅延量は、隣接チャンネル間で1ビット時間以上の遅延時間差が生じるように与えられることが望ましい。

【0022】ここで、遅延付加用光導波路4により各分波信号光に付加される遅延時間について説明する。図2は、各分波信号光 $\lambda_1 \sim \lambda_8$ に対して夫々与えられる遅延時間との関係を示したものである。図2において、各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_8$ に付加される遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_8$ は、波長分散の影響を低減するため少なくとも隣接するチャンネル間で異なる値とする必要がある。

【0023】また、相互位相変調抑圧装置の経由前後における各分波信号光のパルスの位置関係を図3に示す。図3(a)のように、仮に、相互位相変調抑圧装置入力前で各分波信号光の時間的位置は揃っていた場合、図3(b)のように、相互位相変調抑圧装置通過後は、点線で示した遅延付加前のパルス位置に比べ、各分波信号光 $\lambda_1 \sim \lambda_8$ は夫々の遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_8$ 分だけ位置がずれることになる。すなわち、入力された波長多重信号光に対して、チャンネル間に夫々異なる遅延時間差を与えて、各チャンネルの時間的位置を変化させているのである。

【0024】次に、分波信号光の偏波状態の変化について図4を参照して詳細に説明する。図4は、図1の相互位相変調抑圧装置における分波信号光の偏波状態を示す図である。図4において、 $\lambda_k$ と $\lambda_{k+1}$ とは隣接するチャンネルの分波信号光であり、 $a \sim m$ はこの分波信号光 $\lambda_k$ 、 $\lambda_{k+1}$ の偏波状態を矢印の向きにより模式的に表したものである。なお、図4において、図1と同等部分については同一符号で示している。

【0025】まず、光サーキュレータ2の第2ポート②から出力された波長多重信号光は、予め隣接チャネル間で偏波状態が直交するよう多重化されているため、隣接チャネル $\lambda_k$ と $\lambda_{k+1}$ との偏波状態は、aおよびbに示すように夫々偏波が直交した状態でAWG3に入力され、分波される。

【0026】次に、分波信号光 $\lambda_k$ 、 $\lambda_{k+1}$ は、夫々光路長の異なる遅延付加用光導波路4を通過することで遅延付加がなされる。一般に遅延付加用光導波路4は入出力間で偏波状態を保持する機能を持たない。しかし遅延付加がなされた後、各分波信号はファラデーミラーの作用により偏波状態が直交状態となって反射されるため、AWG3および遅延付加用導波路4の中の各点において、右向きの光と左向きの光とは必ず直交した偏光状態を有する。つまり分波信号光 $\lambda_k$ は図4中でその偏波状態を $a \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f \rightarrow g \rightarrow h \rightarrow m$ と変化するが、 $a-m$ 、 $c-h$ 、 $d-g$ 、 $e-f$ はそれぞれ直交している。 $\lambda_{k+1}$ についても同様で、 $b-n$ 、 $i-l$ 、 $j-k$ は直交状態である。ここでもともとaとbは直交状態であったので、出力時のmとnも直交しているということになる。すなわち、相互位相変調抑圧装置の入出力間でチャネル間の相対的偏波状態が維持されているのである。

【0027】図5は本発明の他の実施の形態における相互位相変調抑圧装置の構成を示すブロック図であり、図1と同等部分については同一符号で示している。光サーキュレータ2により相互位相変調抑圧装置に導かれた隣接チャネル同士の偏波状態が直交している波長多重信号光は、インターリーバ8によって奇数チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_3$ 、...)のチャネル群および偶数チャネル( $\lambda_2$ 、 $\lambda_4$ 、...)のチャネル群に夫々分波され2つの出力ポートに出力される。

【0028】ここで、インターリーバ8について簡単に説明する。図6は100GHzインターリーバの動作説明図である。図6において、100GHz間隔で多重された波長多重信号光が100GHzインターリーバ10に入射されると、200GHz毎、すなわち1波おき(隣接チャネル毎)に交互に2つの出力ポートに信号光が夫々出力される。この結果、2つの出力ポートの信号光は200GHz間隔に分割された信号光となる。

【0029】図5に戻り、インターリーバ8の2つの出力ポートには、夫々AWG9が接続されており、200GHz間隔に分割された信号光は、AWG9により、夫々単一チャネル毎に分波される。AWG9の出力である分波信号光 $\lambda_1$ 、 $\lambda_3$ 、... $\lambda_{n-1}$ および $\lambda_2$ 、 $\lambda_4$ 、... $\lambda_n$ には、夫々長さの異なる遅延付加用光導波路4が接続されている。また、遅延付加用光導波路4の先にはファラデーミラー5が接続されている。

【0030】AWG9により分波された分波信号光は、夫々遅延付加用光導波路4→ファラデーミラー5で反射

→遅延付加用光導波路4と経由した後、再びAWG9により合波され光サーキュレータ2の第3ポート③へ出力される。この際、遅延付加用光導波路により付加される遅延は、隣接チャネル間で1ビット時間以上の遅延時間差が生じるように与えられることが望ましい。なお、相互位相変調抑圧装置の入出力間でチャネル間の相対的偏波状態が維持されている点は図4で説明した通りである。

【0031】図5に示した相互位相変調抑圧装置は、波長多重信号光をAWGで分波する際に生じる過剰なフィルタリングを防止するため、予めAWGにより更に矩形なフィルタ特性を持つインターリーバにより1波おき(隣接チャネル毎)に分割し、チャネル間隔を2倍に広げた状態でAWGにより各チャネルに分波しているのである。

【0032】図7は本発明の更に他の実施の形態における相互位相変調抑圧装置の構成を示すブロック図であり、図1と同等部分については同一符号で示している。光サーキュレータ2により相互位相変調抑圧装置に導かれた隣接チャネル同士の偏波状態が直交している波長多重信号光は、インターリーバ8により、奇数チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_3$ 、...)のチャネル群および偶数チャネル( $\lambda_2$ 、 $\lambda_4$ 、...)のチャネル群に夫々分波される。インターリーバ8の2つの出力ポートには、夫々長さの異なる遅延付加用光導波路4が接続されている。また、遅延付加用光導波路4の先にはファラデーミラー5が接続されている。

【0033】インターリーバ8により1波おきに取り出された分波信号光は、夫々遅延付加用光導波路4→ファラデーミラー5で反射→遅延付加用光導波路4と経由した後、再びインターリーバ8により合波され光サーキュレータ2の第3ポート③へ出力される。この際、遅延付加用光導波路4により付加される遅延は、隣接チャネル間で1ビット時間以上の遅延時間差が生じるように与えることが望ましい。なお、相互位相変調抑圧装置の入出力間で波長間の相対的偏波状態が維持されている点は図4で説明した通りである。

【0034】図7に示した相互位相変調抑圧装置は、全てのチャネルに異なる遅延時間差を与えるのではなく、隣接チャネル間において夫々異なる遅延時間差を与えるものである。これは、相互位相変調が隣接チャネルからの影響が最も大きいという関係から、隣接チャネルからの影響を抑えることを目的とした構成となっている。この形態によれば、少ないコンポーネントで相互位相変調抑圧装置を構成することが可能となり、小規模な相互位相変調抑圧装置を実現できるという利点がある。

【0035】図8は図7のインターリーバ8を100GHzインターリーバ10とし、この2つの出力ポートに夫々200GHzインターリーバ11を接続した場合の相互位相変調抑圧装置のブロック図であり、図1と同等

部分については同一符号で示している。なお、ここでは 100GHz 間隔で多重された 8 チャンネル ( $\lambda 1 \sim \lambda 8$ ) の波長多重光伝送システムを例に説明する。また、 $\lambda 1 \sim \lambda 8$  の各チャンネルは偏光インターリーブ多重されているものとし、夫々隣接チャンネルとは偏光状態が直交しているものとする。

【0036】光サーキュレータ 2 により相互位相変調抑圧装置に導かれた波長多重光は 100GHz インターリーブ 10 により、まず 1 波おき (隣接チャンネル毎) に交互に 2 つの出力ポートに信号光が夫々出力される。100GHz インターリーブ 10 の 2 つの出力ポートには、更にその信号光を 1 波おきに分割するための 200GHz インターリーブ 11 が夫々接続されている。200GHz インターリーブ 11 の出力ポートには夫々長さの異なる遅延付加用光導波路 4 が接続されている。また、遅延付加用光導波路 4 の先にはファラデーミラー 5 が接続されている。

【0037】200GHz インターリーブ 11 により分割された信号光は、夫々遅延付加用光導波路 4 →ファラデーミラー 5 で反射 → 遅延付加用光導波路 4 と経由した後、再び 200GHz インターリーブ 11 により合波され、更に 100GHz インターリーブ 10 により合波され、サーキュレータ 2 の第 3 ポート ③ へ出力される。この際、遅延付加用光導波路により付加される遅延は、隣接チャンネル間で 1 ビット時間以上の遅延時間差が生じるように与えられることが望ましい。なお、相互位相変調抑圧装置の入出力間でチャンネル間の相対的偏波状態が維持されている点は図 4 で説明した通りである。

【0038】図 8 に示した相互位相変調抑圧装置は、隣接する 2 チャンネルずつに異なる遅延時間差を与えるものである。これは、隣接する直交偏波状態のチャンネルと、次に与える影響の大きい 2 つ隣のチャンネルからの相互位相変調を低減させるためのものである。この形態によれば、図 7 の構成よりは必要とするコンポーネントが増えるものの、比較的少ないコンポーネント数で大きな相互位相変調抑圧効果が得られる。

【0039】図 9 は図 1 の相互位相変調抑圧装置に、光減衰器を挿入したものであり、図 1 と同等部分については同一符号で示している。図 1 における AWG 3 の各出力ポートと遅延付加用光導波路 4 との間に、更に光減衰器 6 を挿入することにより、チャンネル毎の細かな信号光強度調整を可能としている。図 9 においては、各チャンネル毎に分波した後に光減衰器 6 を挿入しているため、相互位相変調の抑圧効果に加えて、光増幅器の利得波長依存性の補償という付加的な効果も得られる。

【0040】図 10 は図 1 の相互位相変調抑圧装置に、分散補償器を挿入したものであり、図 1 と同等部分については同一符号で示している。図 1 における AWG 3 の各出力ポートと遅延付加用光導波路 4 との間に、分散補償器 7 を挿入し、チャンネル毎の細かな分散制御を可能と

している。図 10 においては、各チャンネル毎に分波した後に分散補償器を挿入しているため、相互位相変調の抑圧効果に加えて、伝送路ファイバの分散スロープに起因する波長毎の蓄積分散の補償という付加的な効果も得られる。

【0041】図 11 は図 5 の相互位相変調抑圧装置に、光減衰器を挿入したものであり、図 5 および図 9 と同等部分については同一符号で示している。図 5 における AWG 9 の各出力ポートと遅延付加用光導波路 4 との間に、光減衰器 6 を挿入し、光通信伝送路中に配置される光中継機を通過後のレベル補正を行っている。図 11 においては、各チャンネル毎に分波した後に光減衰器 6 を挿入しているため、相互位相変調の抑圧効果に加えて、光増幅器の利得波長依存性の補償という付加的な効果も得られる。

【0042】図 12 は図 5 の相互位相変調抑圧装置に、分散補償器を挿入したものであり、図 5 および図 10 と同等部分については同一符号で示している。図 5 における AWG 9 の各出力ポートと遅延付加用光導波路 4 との間に、分散補償器 7 を挿入し、波長毎に異なる分散特性を改善している。図 12 においては、各チャンネル毎に分波した後に分散補償器を挿入しているため、相互位相変調の抑圧効果に加えて、伝送路ファイバの分散スロープに起因する波長毎の蓄積分散の補償という付加的な効果も得られる。

【0043】図 13 は、本発明の相互位相変調抑圧装置を用いて光通信システムを構築した場合の構成を示すブロック図である。図 13 において、送信端 16 と受信端 18 とが光ファイバ 1 を介して接続され、光通信伝送システムを形成している。また、光通信伝送路中には少なくとも 1 台の光中継機 14 が挿入されている。

【0044】図 14 は、図 13 における光中継機 14 の内部構成を示した図である。光中継機 14 は、光増幅器 17 と、本発明による相互位相変調抑圧装置 12 とから構成されている。また、光中継機 14 において、相互位相変調抑圧装置 12 は、図 14 (a) のように光増幅器 17 の間に設置される場合、図 14 (b) のように光増幅器 17 の後段に設置される場合、あるいは図 14

(c) のように光増幅器 17 の前段に設置される場合がある。

【0045】ここで、上記光伝送通信システムにおいて、本発明による相互位相変調抑圧装置を光通信伝送路中に挿入した場合の効果を、5 波長、伝送速度 10 Gbps WDM 伝送の数値計算を用いて説明する。チャンネル間隔は 0.4 nm とし、送信端で各波長は偏波インターリーブ多重されているものと仮定する。光ファイバ伝送路は、通常、分散ファイバ SMF (Single Mode Fiber) と、SMF とは逆の分散、分散スロープを有する逆分散ファイバ RDF (Reverse Dispersion Fiber) との 1 スパン 50



k m から構成されている。なお、光中継器の雑音は考慮していない。

【0046】本発明による相互位相変調抑圧装置を光通信伝送路中に挿入しなかった場合と、光通信伝送路中 50 k m 毎に挿入した場合とにおける、距離 2, 000 k m 伝送後のアイパターンの例を図 16 および図 17 に示す。この結果、本発明による相互位相変調抑圧装置を光通信伝送路中に周期的に配置することによって、相互位相変調による波形歪が大幅に改善されることが分かる。

【0047】

【発明の効果】叙上の如く、本発明によれば、遅延付加された分波信号光をファラデーミラーを用いて反射するようにしたため、相互位相変調抑圧装置の入出力間で波長間の相対的偏波状態を維持されることになる。これにより、偏波インターリーブ多重による相互位相変調抑圧法と、チャンネル間に異なる遅延時間差を与えることによる相互位相変調抑圧法とを同時に適用可能となる。従って、より効果的な相互位相変調の低減が図られると共に、光ファイバ伝送路の更なる大容量化、長距離化に寄与し得るという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態における相互位相変調抑圧装置のブロック図である。

【図 2】本発明の相互位相変調抑圧装置によるチャンネル毎の遅延時間を説明する図である。

【図 3】本発明の相互位相変調抑圧装置により与えられる各チャンネル毎の伝送時間差を説明する図である。

【図 4】本発明の分波信号光の偏波状態の変化を示す図である。

【図 5】本発明の他の実施の形態における相互位相変調抑圧装置のブロック図である。

【図 6】100 GHz インターリーブの説明図である。

【図 7】本発明の更に他の実施の形態における相互位相変調抑圧装置のブロック図である。

【図 8】図 7 の相互位相変調抑圧装置に、200 GHz インターリーブを挿入した場合のブロック図である。

【図 9】図 1 の相互位相変調抑圧装置に、光減衰器を挿入した場合のブロック図である。

【図 10】図 1 の相互位相変調抑圧装置に、分散補償器を挿入した場合のブロック図である。

【図 11】図 5 の相互位相変調抑圧装置に、光減衰器を挿入した場合のブロック図である。

【図 12】図 5 の相互位相変調抑圧装置に、分散補償器を挿入した場合のブロック図である。

【図 13】本発明の相互位相変調抑圧装置を含む光通信システムの構成を示すブロック図である。

【図 14】図 13 の光中継機の内部構成を示した図である。

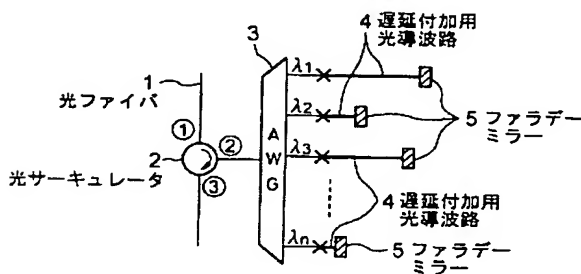
【図 15】本発明の相互位相変調抑圧装置を用いない場合の 2, 000 k m 伝送後のアイパターンの例である。

【図 16】本発明の相互位相変調抑圧装置を周期的に挿入した場合の 2, 000 k m 伝送後のアイパターンの例である。

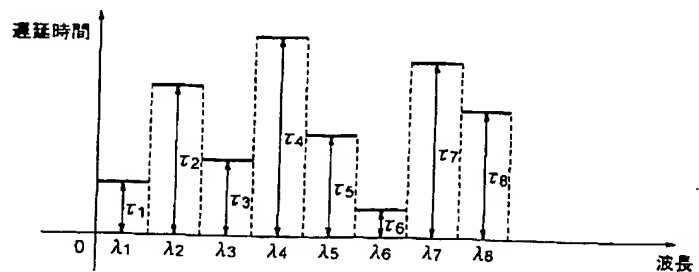
【符号の説明】

- 1 光ファイバ
- 2 光サーキュレータ
- 3, 9 AWG
- 4 遅延付加用光導波路
- 5 ファラデーミラー
- 6 光減衰器
- 7 分散補償器
- 8 インターリーブ
- 10 100 GHz インターリーブ
- 11 200 GHz インターリーブ
- 12 相互位相変調抑圧装置
- 13 AWG 型光分波器
- 14 光中継機
- 15 スラブ導波器
- 16 送信端
- 17 光増幅器
- 18 受信端

【図 1】

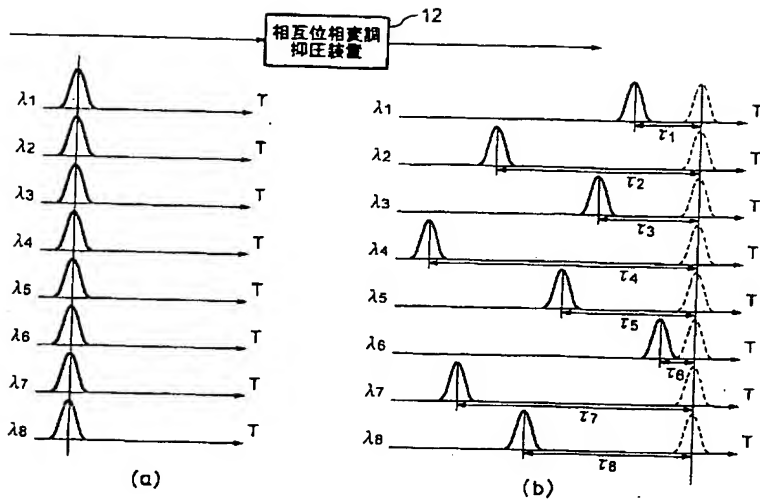


【図 2】

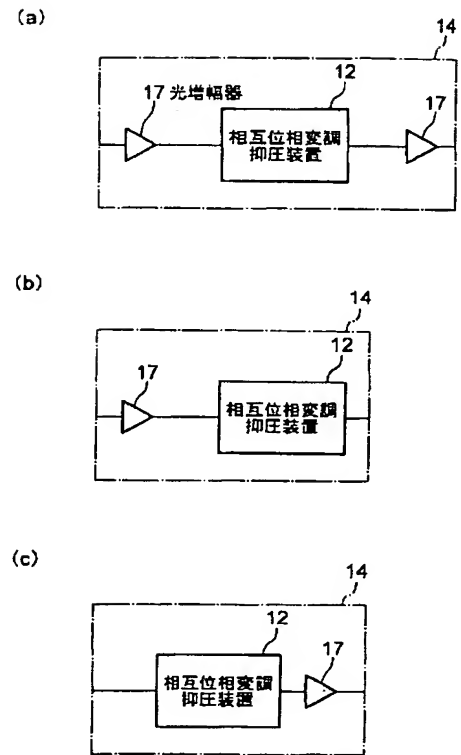




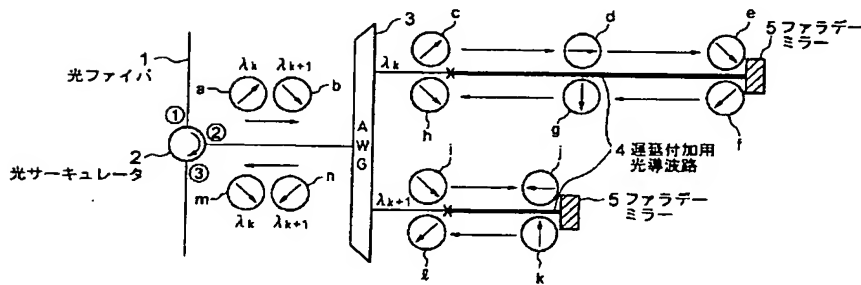
【図 3】



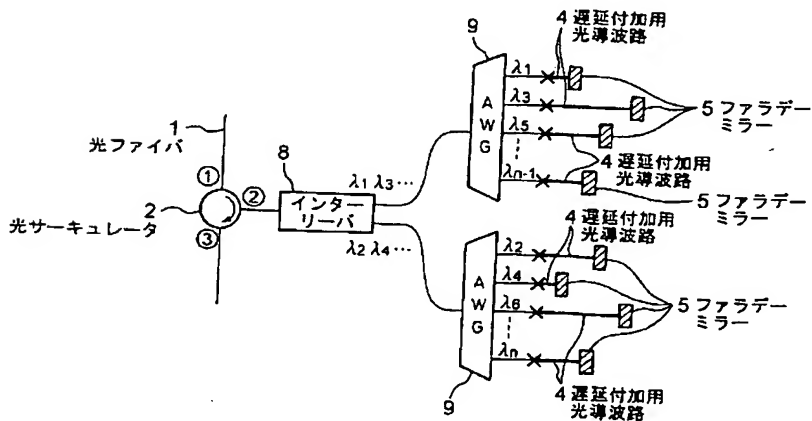
【図 14】



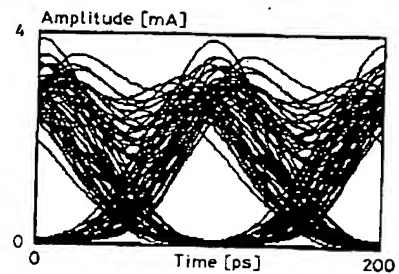
【図 4】



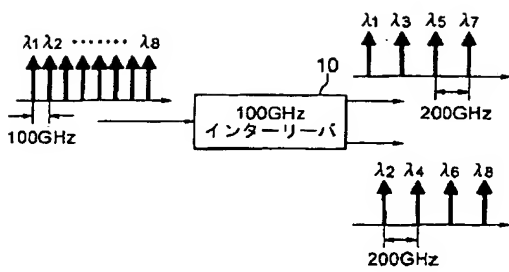
【図 5】



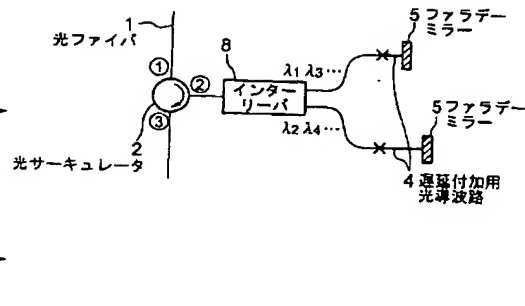
【図 15】



【図 6】

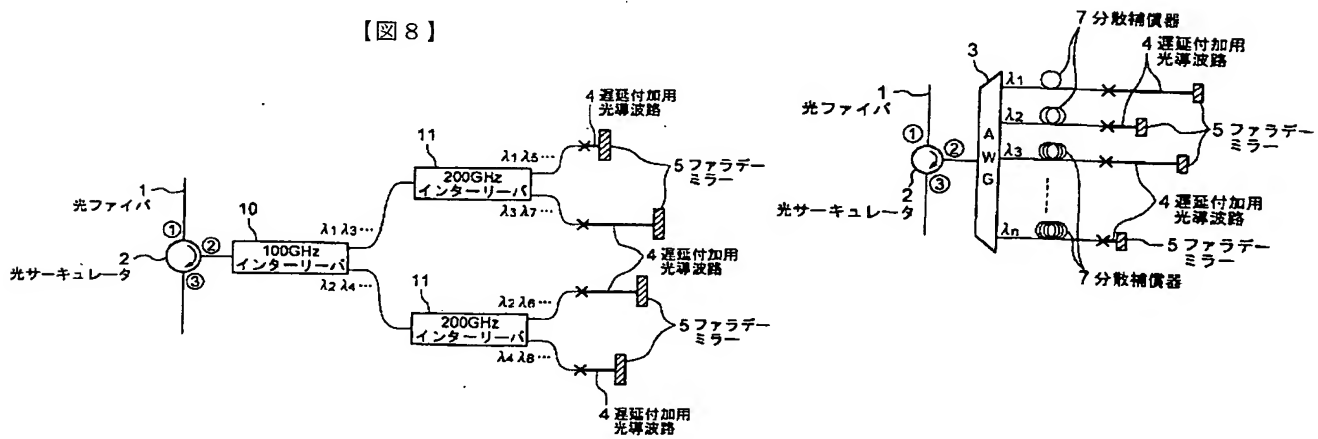


【図 7】

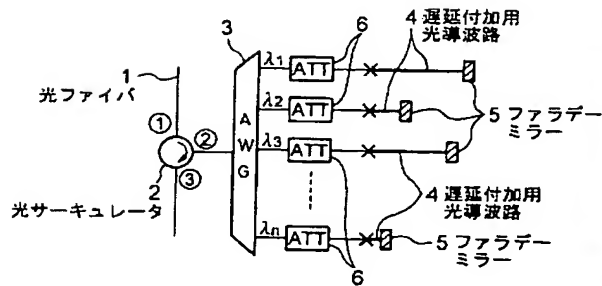


【図 10】

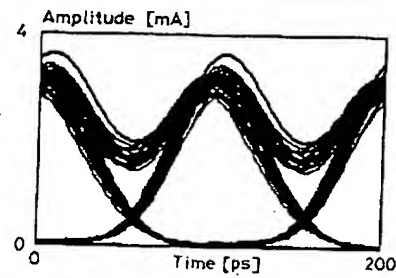
【図 8】



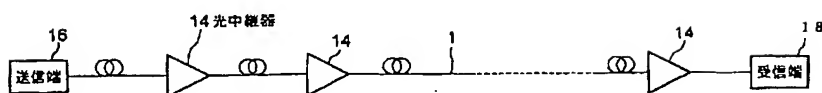
【図 9】



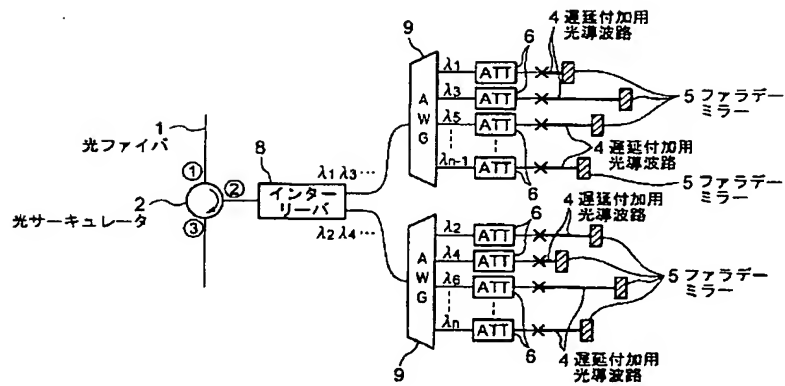
【図 16】



【図 13】



【図 11】



【図 12】

